



# Facies Piroclásticas de la Ignimbrita Pudahuel: implicancias en su emplazamiento

Camila Troncoso<sup>\*1</sup>, Luis E. Lara<sup>2</sup>, Carolina Silva<sup>3</sup>, Angelo Castruccio<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Proyecto Nuevo Nivel Mina El Teniente, Vicepresidencia de Proyectos, CODELCO, Edificio Coya 267, Machalí, Chile

<sup>2</sup> Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Santiago, Chile

<sup>3</sup> Carrera de Geología, Universidad Nacional Andrés Bello, Avda. República 252, Santiago, Chile.

<sup>4</sup> Departamento de Geología, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile.

\*e-mail: cami.troncoso.klein@gmail.com

**Resumen.** La Ignimbrita Pudahuel es uno de los depósitos piroclásticos de mayor importancia de la Zona Central de Chile y de la Provincia de Mendoza en Argentina. En la vertiente chilena cubre gran parte de las regiones Metropolitana y O'Higgins. Con el objeto de caracterizarla, se visitaron numerosos afloramientos de la ignimbrita, en los cuales obtuvieron 20 muestras que luego fueron analizadas en cuanto a granulometría y componentes. A partir de diferencias granulométricas, contenido en líticos accidentales y presencia de estructuras como pipas de desgasificación y lentes de pómez, se definieron cuatro facies. Variaciones entre facies se deberían a diferencias en la energía adquirida por los flujos piroclásticos, la cual habría sido menor en el valle del Cachapoal, teniendo así menor capacidad para erosionar y transportar líticos y así formar pipas de desgasificación. Una explicación similar se sugiere para los depósitos descritos en Argentina. Una nueva estimación del volumen en Chile, sumada a una estimación previa en Argentina sugiere un volumen mínimo de 135 km<sup>3</sup> (VRE). Una única unidad de flujo es reconocida en el Cachapoal, mientras se propone que podrían existir dos, poco espaciadas temporalmente, en el Maipo.

**Palabras Claves:** Ignimbrita Pudahuel, Caldera Diamante, Asociación Piroclástica Pumícea, facies piroclásticas

## 1 Introducción

La ignimbrita Pudahuel, llamada también Asociación Piroclástica Pumícea en Argentina (Guerstein, 1993), corresponde a un importante depósito de flujo piroclástico de composición riolítica y baja razón de aspecto que ha sido asociado al colapso de la Caldera Diamante en cuyo interior se edificó posteriormente el volcán Maipo (Sruoga et al., 2005). Se le ha asociado una edad de 450 ka (Stern et al., 1984), aunque datos posteriores sugieren ca. 150 ka (Lara et al., 2008). Afloramientos de este depósito han sido reconocidos en la zona central de Chile, en los valles de los ríos Maipo, Puangue, Rapel, Cachapoal y Codegua, así como también en las cercanías del aeropuerto internacional en la comuna de Pudahuel, en Santiago, y en los alrededores de la ciudad de Rancagua (Stern et al., 1984). En Argentina, los principales afloramientos se encuentran

en los valles de los ríos Yaucha, Rosario y Papagayos e incluyen además a los depósitos de caída asociados a la columna eruptiva (Sruoga et al., 2005).

Las características excepcionales de la ignimbrita Pudahuel, especialmente en cuanto a su gran volumen, extensión y razón de aspecto, hacen de ella un interesante objeto de estudio. Aunque se han llevado a cabo diversos estudios en este depósito (e.g. Stern et al., 1984, Lagos, 2003), es necesario incorporar antecedentes que describan en detalle la arquitectura de la ignimbrita. En este trabajo, se discuten los resultados de un análisis estratigráfico, granulométrico y de componentes de los afloramientos más representativos presentes en Chile, realizado con el objetivo de describir su estructura interna, además de hacer una nueva estimación del volumen de los depósitos y, por último, entender de mejor manera el proceso eruptivo que la generó.

## 2 Resultados

### 2.1 Facies piroclásticas de la Ignimbrita Pudahuel

A grandes rasgos, la ignimbrita Pudahuel cubre el centro de los valles como un manto y desarrolla, en zonas más distales una morfología de lomaje. Hacia los bordes de los valles, se dispone discordantemente sobre la topografía preexistente. Los depósitos son no soldados y leve a medianamente consolidados. A menudo presentan retrabajo aluvial.

Adaptando la nomenclatura de Branney y Kokelaar (2002), se definieron cuatro facies piroclásticas (Figura 1): **mLT**, que corresponde a una facies maciza, sin gradación y con fragmentos tamaño lapilli, que se presenta en la parte media del Cachapoal; **plensmT**, que corresponde a una facies maciza de grano más fino que contiene lentes de pómez y tiene ausencia de líticos y que se presenta en la parte distal del Cachapoal; **mLTpip**, que se reconoce a lo largo de todo el río Maipo y que corresponde a una facies maciza con algunos niveles ricos en líticos tamaño lapilli

y bloque, y que, además, posee abundantes pipas de desgasificación; y la facies sT, que es la de menor importancia volumétrica y sólo se reconoció localmente. Corresponde a una facies con estratificación cruzada y paralela y buena selección, y que sólo contiene fragmentos tamaño ceniza.

## 2.2 Variaciones granulométricas y de componentes

20 muestras, obtenidas en distintos afloramientos de la ignimbrita Pudahuel, fueron analizadas considerando la fracción menor a 16 mm ( $\phi = -4$ ). Todas las muestras fueron tamizadas y luego pesadas, para obtener el porcentaje relativo en peso de cada rango de tamaño. La fracción menor a 63  $\mu\text{m}$  fue analizada mediante granulometría láser, con un aspecto similar en todas las muestras. Los componentes en las fracciones 250  $\mu\text{m}$  y 2 mm se describieron utilizando lupa binocular. Adicionalmente, se recolectaron los mayores fragmentos de pómez (MP) y líticos (ML) reconocibles. Todas las muestras son muy ricas en fragmentos juveniles (pómez y esquirlas de vidrio) y pobres en cristales (biotita, plagioclasa). Los fragmentos líticos son accidentales y son principalmente volcánicos (lavas) y plutónicos. Se reconoció obsidiana en la parte media y superior de un afloramiento en la parte distal del Maipo.

En el Cachapoal, tanto ML (8 a 0 cm) como el porcentaje de estos disminuye con la distancia desde la fuente hasta ser nulos en la parte más distal. En el Maipo no hay una tendencia clara y se presentan valores de ML de 20 cm a 100-120 km de la fuente. Los valores de MP son similares para ambos valles (3-11 cm en el Maipo y 3-9 cm en el Cachapoal), sin una tendencia clara.

Los depósitos en el valle del río Cachapoal varían desde las facies mLT a plensmT, volviéndose cada vez más finos al alejarse de la fuente. A 140 km, desaparecen los líticos y se reconocen lentes ricos en pómez. Los depósitos en el valle del río Maipo son, en general, más gruesos que los del Cachapoal. Pipas de desgasificación se presentan a distancias variables desde la fuente, aunque alcanzan su mayor desarrollo en la parte más distal del valle. La facies predominante es mLTpip, con sT subordinada, la cual se reconoce en la parte media de un afloramiento.

## 2.3 Distribución y Volumen

Se realizó una nueva estimación de volumen mínimo de los depósitos de la ignimbrita Pudahuel en Chile, infringiendo la distribución original de los depósitos a partir de trabajos anteriores, de datos de sondajes y de las observaciones de este estudio. Se utilizó una metodología similar a la de Guerstein (1993), definiendo zonas de acumulación, cada una de las cuales posee un espesor expuesto característico. Se estimó, siguiendo a Sparks y Walker (1977), un 35% de pérdidas asociadas al transporte de los flujos piroclásticos por el alto porcentaje de material fino.

Se calculó un volumen de 80 km<sup>3</sup>, que equivale a 42 km<sup>3</sup> (VRE), considerando una densidad de los depósitos de flujo piroclástico de  $\rho_d=1250 \text{ kg/m}^3$  y una densidad del magma original de  $\rho_m=2400 \text{ kg/m}^3$ . Sumando el volumen estimado por Guerstein (1993) para los depósitos en Argentina, el volumen mínimo total estimado para la ignimbrita Pudahuel sería de 95 km<sup>3</sup>(VRE).

Considerando los espesores reconocidos en sondajes y pozos, el volumen total de los depósitos aumentaría a 135 km<sup>3</sup> (VRE).

## 3 Discusión

Las diferencias entre las tres principales facies definidas en este trabajo (mLT, plensmT y mLTpip) y entre los depósitos en ambos valles, podrían explicarse en gran parte debido a una diferencia en la energía inicial o temprana adquirida por los flujos piroclásticos generados durante la erupción. Los flujos piroclásticos que viajaron por el valle del Río Maipo, a lo largo del cual se emplazan los depósitos asociados a la facies mLTpip, deben haber sido más energéticos. Esto explicaría la presencia de abundantes líticos accidentales, a menudo de mayor tamaño, producto de la erosión del substrato, lo que a su vez explicaría la presencia de pipas de desgasificación producidas por el desplazamiento súbito y ascendente de gas, durante el emplazamiento, al depositarse estas partículas más densas y de mayor tamaño.

Los flujos que viajaron por valle del Cachapoal, en cambio, deben haber sido menos energéticos, probablemente por tener que sobrepasar una barrera topográfica, según lo sugerido previamente por Stern (1984). Esta menor energía explicaría la menor capacidad para incorporar material más denso, lo que explicaría, a su vez, la escasez de líticos de gran tamaño y de pipas de desgasificación en las facies mLT y plensmT. La menor energía inicial de estos últimos, debe haberse visto críticamente disminuida al alejarse de la fuente y llegar a zonas de menor pendiente, lo que explicaría la ausencia total de líticos en la parte más distal (facies plensmT). Los fragmentos de pómez, al ser poco densos fueron capaces de mantenerse a flote, formando los característicos lentes de pómez de esta facies.

Guerstein (1993) diferenció entre los depósitos del Arroyo del Rosario, que son muy finos y no poseen pipas de desgasificación, y los depósitos de los valles Yaucha y Papagayos, que presentan zonas ricas en líticos y pipas bien desarrolladas. Haciendo una analogía, se interpreta que los flujos piroclásticos que viajaron por estos últimos fueron más energéticos que los que viajaron por el primero.

En el Valle del Cachapoal no se encontraron variaciones verticales relevantes lo que sugiere la presencia de una única unidad de flujo. En el Valle del Maipo, en cambio, se

reconoció la presencia de dos unidades de flujo, posiblemente poco espaciadas, en el Estero Coyanco en el Cajón del Maipo. La presencia de obsidiana en la parte superior de un afloramiento en la parte distal del Maipo podría también sugerir lo anterior.

#### 4 Conclusión

Eventos como el que generó el colapso de la Caldera Diamante y la formación de la ignimbrita Pudahuel, son eventos de muy baja frecuencia pero de alta explosividad y con potenciales consecuencias catastróficas en el caso de ocurrir. El estudiar este tipo de depósitos e inferir los procesos eruptivos que los generaron a partir de sus características, constituye la única manera de predecir el comportamiento de los productos generados en un evento volcánico como el que tuvo lugar en esta zona de los Andes. A su vez, el monitoreo de zonas donde se registren anomalías que pudiesen indicar condiciones para la acumulación de gran volumen de magma, principalmente ácido, y gases, es importante para definir zonas con probabilidad de ocurrencia de eventos tan relevantes como el tratado en este trabajo.

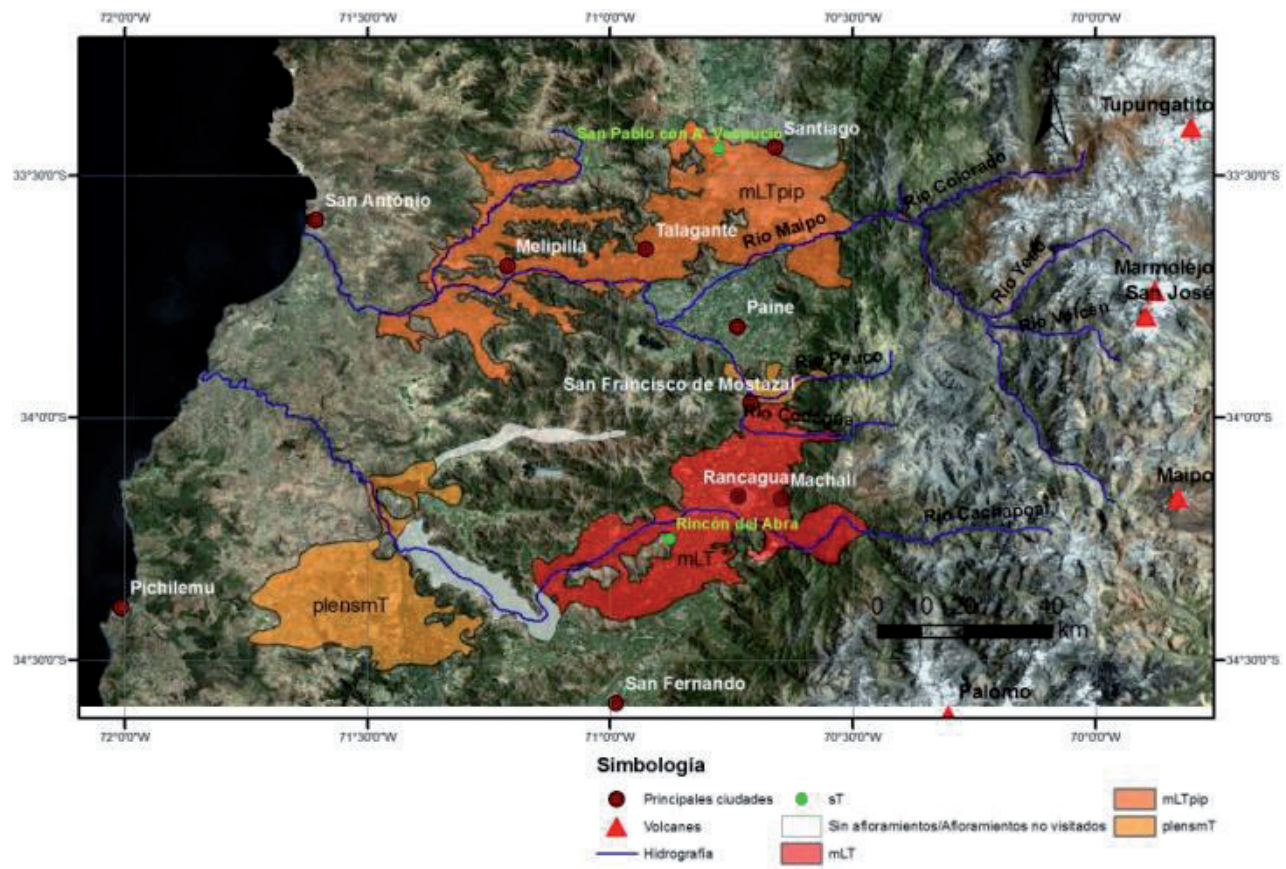
Se recomienda seguir con estudios de este tipo en este y otros depósitos asociados a erupciones altamente explosivas en los Andes, con el objetivo de entender aún mejor la evolución y el comportamiento que tuvo el volcanismo en esta zona y las características esperables para eventos futuros.

#### Agradecimientos

Este trabajo fue realizado como parte de la memoria para optar al título de Geóloga “*Estudio Estratigráfico y de Volcanología Física de la Ignimbrita Pudahuel*”, realizada en el Programa de Riesgo Volcánico del Servicio Nacional de Geología y Minería. Agradecimientos a toda la gente del Programa por hacer posible este trabajo.

#### Referencias

- Branney, M.J.; Kokelaar, B.P. Pyroclastic density currents and the sedimentation. London, 2002. ISBN 18623900975.
- Gama, P.; Zentilli, M. Historia termal y exhumación de intrusivos de la Cordillera de la Costa de Chile Central. En *IX Congreso Geológico Chileno*, volumen 2, páginas 664-668, Puerto Varas, Chile, 2000.
- Gana, P.; Wall, R.; Gutiérrez, A. Geología del Área Valparaíso Curacaví: Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Escala:1:100000, Mapa Geológico N°1. Reporte Técnico, SERNAGEOMIN, 1996.
- Godoy, E.; Schilling, M.; Solari, M.; Fock, A. Geología del área Rancagua-San Vicente de Tagua Tagua, Escala 1:100000. Reporte Técnico, SERNAGEOMIN, 2009.
- Guerstein, P. G. *Origen y significado de la Asociación Piroclástica Pumicea . Pleistoceno de la Provincia de Mendoza entre los 33°30' y 34°40' L.S.* Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales, mención Geología, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 1993.
- Lagos, J.M. *Ignimbrita Pudahuel: Caracterización geológica-geotécnica orientada a su respuesta sísmica.* Memoria de título, Universidad de Chile, 2003.
- Lara, L.E.; Wall, R.; Stockli, D. La ignimbrita Pudahuel (Asociación Piroclástica Pumicea) y la Caldera Diamante (33°S): Nuevas edades U-Th-He. En *XVII Congreso Geológico Argentino, Jujuy, 2008.* Actas.
- Sparks, R.S.J.; Walker, G.P.L. The significance of vitric-enriched air-fall ashes associated with crystal-enriched ignimbrites. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, (2): 329-341, 1977.
- Sruoga, P.; Llambias, E.; Fauque, L.; Schonwandt, D.; Repol, D. Volcanological and geochemical evolution of the Diamante Caldera-Maipo volcano complex in the southern Andes of Argentina (34°10'S). *Journal of South American Earth Sciences*, 19(4):399-414, 2005. ISSN 08959811.
- Stern, C.R.; Amini, H.; Charrier, R.; Godoy, E.; Herve, F.; Varela, J. Petrochemistry and age of rhyolitic pyroclastic flows which occur along the drainage valleys of the Rio Maipo and Rio Cachapoal (Chile) and the Rio Yaucha and Rio Papagayos (Argentina). *Revista Geológica de Chile*, (23):39-52, 1984.
- Troncoso, C. *Estudio Estratigráfico y de Volcanología Física de la Ignimbrita Pudahuel.* Memoria para optar al título de Geóloga, Universidad de Chile, 2012.



**Figura 1.** Mapa que muestra la distribución original de los depósitos de la ignimbrita Pudahuel en Chile, inferida a partir de trabajos anteriores y observaciones realizadas durante este estudio. Se incluye, además, la distribución las cuatro facies definidas para este depósito: **plensmT**, facies maciza de grano muy fino, con ausencia de líticos y presencia de lentes de pómez; **mLT**, facies maciza de grano fino con presencia de líticos hasta tamaño lapilli; **mLTpip**, facies maciza con algunos niveles ricos en líticos tamaño lapilli y bloque y pipas de desgasificación; y **sT**, facies con partículas tamaño ceniza y estratificación.